

La valorisation agricole des fumiers et des composts en Afrique soudano-sahélienne

Diagnostic et perspectives

En Afrique de l'Ouest et du Centre, de nombreux travaux attestent la spécificité du fonctionnement du système sol-plante dans les sols sableux de la zone à une seule saison des pluies. Cette spécificité, liée aux conditions pédoclimatiques qui prévalent dans cette région, peut se résumer ainsi : la nutrition minérale, azotée et hydrique, est sous la dépendance étroite d'un pool organique du sol, rendu mobilisable en partie par une activité biologique (pic de minéralisation) et une activité rhizosphérique prépondérantes en sols tropicaux. Il en résulte que le système racinaire — cinétique, biomasse y compris exsudats, profondeur et activité — et le pool organique du sol, dont une fraction est mobilisable et interceptée par les racines, sont deux variables pertinentes de l'intensification, en forte interaction. Pour assurer l'entretien de ce pool organique, un éventail de pratiques est envisageable, telles que fertilisation minérale, jachère, fumures par des matières organiques non transformées ou transformées par l'animal ou par compostage. Parmi ces pratiques, dans les systèmes en voie d'intensification, il est clairement montré que seule la fumure organique (fumier, compost ou matières végétales riches en fibres) combinée à la fertilisation minérale accroît les rendements et les stabilise d'une année l'autre (PIERI, 1992).

A notre connaissance, la pratique du compostage, incluant la fabrication du fumier, est en voie de développement au Burkina Faso, au sud du Mali et au Sénégal plus récemment. En voici quelques manifestations : le Burkina Faso a lancé en 1986 une campagne nationale sur le thème « une famille rurale, une compostière » (revue *Spore*, 1989) ; dans la zone cotonnière de ce pays, la technique des parcs d'hivernage produisant un fumier amélioré s'est bien développée (BERGER *et al.*, 1987). Au Mali, la réussite de la

filière cotonnière dans le sud repose en grande partie sur une stratégie de développement du fumier en milieu paysan (SANOGO, 1997). Au Sénégal, dans la zone cotonnière, on note le succès de la stabulation en Haute-Casamance (LY *et al.*, 1997). Malheureusement, malgré ces indicateurs de tendances très favorables, il subsiste nombre de facteurs limitants ; en plus des problèmes de transport, contrainte majeure de l'agriculteur, la quasi-totalité des fumiers épandus ont des qualités fertilisantes et sanitaires et des qualités d'amendement médiocres.

F. GANRY

Cirad, BP 5035,
34032 Montpellier Cedex 1, France
Mél : ganry.f@cirad.fr

A. BADIANE

Isra, route des hydrocarbures, Bel Air,
BP 3120, Dakar, Sénégal

Dans la présente note, après une approche sur le diagnostic des grands types de fumier et sur la façon d'évaluer leur qualité agronomique, nous aborderons une réflexion sur la faisabilité du fumier et de son épandage, et sur la nécessité d'optimiser sa qualité agronomique, sa production et son mode d'application dans le système de culture.

Diagnostic des principaux types de fumiers

Poudrette de parc, terre de parc et fumier de parcage

En zone sahélo-soudanienne, le fumier de parcage, appelé poudrette¹ de parc, est composé principalement de déjections ; il ne permet pas de restituer au sol la totalité des principes nutritifs exportés par les cultures, ce que montrent les résultats du tableau 1. La valeur fertilisante d'un parcage diminue rapidement dans le temps en raison de l'action des termites. La question pertinente est de savoir où partent ces éléments nutritifs, sans réponse satisfaisante à ce jour. Afin d'évaluer l'apport d'éléments nutritifs, il est nécessaire :

- de connaître l'âge du parcage ;
- de faire plusieurs prélèvements de déjections séchées pour quantifications et analyses ; dans la parcelle, les lieux de prélèvements doivent être déter-

1. D'après BOULAIN dans son ouvrage *Histoire de l'agronomie* (1992, édition TEC&DOC), on appelait poudrette en France au 18^e siècle « l'engrais flamand » d'origine humaine, séché et déposé depuis des siècles dans des carrières et utilisé comme engrais organique.

minés au hasard, le prélèvement se faisant à l'intérieur d'un cercle tracé à l'aide d'une corde de dimension connue ;

- de connaître le nombre de parcages antérieurs sur la même parcelle.

De nombreuses études sur ces parcs ont été conduites depuis une quinzaine d'années : principalement celles du Cirad (LHOSTE, 1986), de l'Icrisat (BROUWER et BOUMA, 1997), de l'Ilri (HIERNAUX *et al.*, 1997) et de l'Orstom (DE ROUW, 1998), en collaboration avec les systèmes nationaux de recherche agricole respectifs des pays concernés. Ces études portent respectivement sur la gestion du bétail et l'évolution du système agropastoral, sur les transferts de fertilité par le bétail et sur le rôle du parcage dans la résistance à l'érosion des sols. Au Niger, l'Icrisat a montré l'importance de l'effet combiné de la position topographique de la parcelle, du type de bétail et de la quantité de fumier appliqué sur le rendement du mil : à titre d'exemple, en topographie plane, un pacage bovin nocturne dans un enclos a fourni 1,5 tonne par hectare et par an de fumier et produit un rendement de 800 kilos par hectare de mil ; le bilan minéral net sol-plante est positif pour l'azote mais déficitaire pour le phosphore.

En zone plus humide, en région cotonnière notamment, la terre de parc peut être utilisée comme fertilisant. C'est le cas en culture attelée au sud du Tchad, où ce fumier, en l'absence de paille, est généralement appelé terre de parc ; d'après RICHARD et DJOULET (1985), la terre de parc, produite par une dizaine d'unités de bovin tropical, peut fertiliser une surface de 4 hectares à raison de 3 tonnes par hectare et par an, apportant ainsi 30 N - 20 P₂O₅ - 48 K₂O. La qualité des fumiers de parc est largement accrue par l'adjonction

de paille en couches successives en saison sèche, suivie d'un compostage en saison des pluies (BERGER *et al.*, 1987 ; LANDAIS *et al.*, 1991).

Le fumier traditionnel

Le fumier traditionnel est produit dans la ferme. Chargé en sable, non composté, appelé poudrette, il est de mauvaise qualité fertilisante, sanitaire et organique ; à titre d'exemple, nous prendrons un fumier utilisé par les maraîchers de la vallée du Sine (région de Diourbel au Sénégal), dont la composition est donnée au tableau 2.

Le fumier amélioré

Le fumier amélioré est produit également dans la ferme, dans un élevage partiellement sédentarisé au sein d'un système de production en voie d'intensification. Schématiquement, on peut dire que les techniques de fertilisation des cultures, de stabulation des animaux et d'apports d'eau pour le compostage doivent être mises en œuvre dans le système de production pour que le fumier soit amélioré, le compostage étant la phase essentielle de l'amélioration. A titre d'exemple, nous distinguerons trois types de fumier de bovins produits en stabulation, selon les matières végétales apportées (tableau 3).

Les teneurs sont exprimées par rapport à la matière sèche organique ; les apports de terre, fréquents dans la pratique, réduisent ces teneurs. Le fumier de foin de jachère est plus riche en phosphate, potasse et calcium, mais plus pauvre en azote ; inversement, le fumier de paille de mil et de sorgho est plus riche en azote mais plus pauvre en phosphore et en potassium. On peut très bien expliquer ces résul-

Tableau 1. Analyse chimique de déjections de bovins à l'état frais et après action au champ des termites (HAMON, 1972).

	Humidité % poids frais	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO + MgO	Cendres	
						totales	insolubles
Déjections fraîches	75,3	1,4	0,8	0,7	6,6	10,8	5,4
Déjections termitées (après 45 jours)	5,0	0,9	0,3	0,3	3,5	49,6	45,7

Tous les éléments sont en % du poids de matière sèche, sauf l'humidité (% poids frais).

tats par la richesse initiale en phosphore, potassium et calcium du foin : elle est supérieure à celle des pailles de mil et de sorgho, qui, produites en milieu paysan, sont plus pauvres en ces éléments que les pailles produites en culture fertilisée.

Evaluation et caractérisation des fumiers

L'évaluation d'un fumier ou d'un compost doit rendre compte de sa valeur fertilisante, mais aussi de sa qualité sanitaire et de ses propriétés d'amendement organique. Sa valeur fertilisante peut varier grandement selon la nature des litières et la fertilisation des cultures qui fournissent ces litières. Le phosphore est souvent l'élément le plus limitant. Pour caractériser le fumier, plusieurs étapes sont indispensables.

Caractériser sa provenance

Les informations dont il faut disposer sont les suivantes :

- nature de la litière et fertilisation reçue par le matériel végétal qui la constitue ;
- nature de l'alimentation fourragère des animaux ;

- apports d'eau pour le compostage ;
- traitement du fumier produit (tas, litière, fosse).

Echantillonner en vue de l'analyse chimique, organique et sanitaire

Pour ces analyses, il s'agit :

- d'exprimer l'humidité par rapport au poids frais ou à la matière sèche mais le préciser ;
- d'analyser au minimum l'azote total, P_2O_5 et K_2O pour évaluer sa valeur fertilisante (composition exprimée par rapport au poids de matière sèche totale) ;
- d'analyser si possible le carbone total et le carbone des matières humiques totales (MHT) (BROSSARD *et al.*, 1985) pour déterminer le rapport C/N et évaluer le degré d'humification ;
- d'analyser si possible les fractions organiques telles que carbone soluble, cellulose brute, hemicellulose et lignine + cutine, permettant d'établir un indice de stabilité biologique (ISB) (LINERES et DJAKOVITCH, 1993) ou un indice d'amélioration du taux de carbone total du sol dont le carbone inclus dans les associations organo-minérales (NDF/CC, taux de fibres/contenu cellulaire, *Neutral*

Detergent Fiber/ Cellular Content) (PIERI, 1992). Ces deux indices rendent compte de l'aptitude des fertilisants organiques à induire une surminéralisation de la matière organique du sol et de sa fraction organo-minérale (phénomène à éviter) ou inversement à apporter des précurseurs de substances humiques (phénomène à favoriser) ;

- déterminer les cendres insolubles (SiO_2).

Evaluer le pourcentage de terre

Partant de la teneur en cendres insolubles (SiO_2), en sachant que les pailles contiennent environ 7 % de SiO_2 et une déjection de bovin environ 6 %, on peut estimer le pourcentage d'apport de terre dans le fumier et éventuellement expliquer les faibles teneurs en éléments fertilisants.

Evaluation rapide du pouvoir fertilisant du fumier

L'analyse minérale du fumier n'est pas toujours possible. Il faut alors recourir à des estimations. D'après les résultats de HAMON (1972), on peut estimer qu'une tonne de fumier frais (45 % de matière sèche) produit en stabulation en saison des pluies, avec apport hebdomadaire de paille et incluant 35 % de terre humifère², restitue au sol, en kilos :

N [5,0 - 6,0], P_2O_5 [1,5 - 2,0], K_2O [6,5 - 7,0], MgO [2,5 - 3,0] et CaO [4,0 - 4,5].

Cinq tonnes de fumier par hectare (dose réaliste en zone soudano-sahélienne) à 45 % de matière sèche incluant la terre humifère apporteraient environ, en kilos :

30 N, 10 P_2O_5 , 35 K_2O . Sur des fumiers du Burkina, BERGER (1996) trouve des valeurs médianes sensiblement égales : 23 N, 8 P_2O_5 et 34 K_2O , mais cet auteur ne précise pas le pourcentage de terre contenu dans le fumier.

2. La terre humifère correspond, dans la fosse fumièrè ou dans la stabulation, à la dernière couche de fumier en contact avec le sol.

Tableau 2. Composition d'un fumier traditionnel non composté : fumier de cheval (HAMON, 1972).

Humidité % poids frais	C	N	P_2O_5	K_2O	Matières minérales totales	C/N
4,7	8,6	0,44	0,25	0,36	80	19

Tous les éléments sont en % du poids de matière sèche, sauf l'humidité (% poids frais). Ces fumiers traditionnels sont très variables car dépendant de l'espèce concernée (équidés, petits ruminants...), de la matière végétale et de la terre.

Tableau 3. Composition minérale, rapportée à la matière sèche totale, de trois fumiers prélevés sans la terre humifère, fumiers produits en stabulation et qui diffèrent selon la composition de la litière (GANRY, 1985).

	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Fumier 1	2,5	0,53	1,76	2,60	1,35
Fumier 2	2,0	1,28	2,42	4,90	1,82
Fumier 3	2,2	1,05	4,80	2,97	2,12

Fumier 1 : pailles de mil et de sorgho et résidus de battage, produit chez un agriculteur ;

Fumier 2 : foin de jachère, produit en stabulation entravée et mis en tas ;

Fumier 3 : pas d'apport de litière, produit en stabulation libre.

Évaluation rapide de l'état sanitaire et des propriétés d'amendement du fumier

En l'absence d'analyses phytopathologiques et malherbologiques, de détermination du rapport C/N, des matières humiques totales, de l'indice de stabilité biologique et du taux de fibres/contenu cellulaire, il sera nécessaire de procéder à des évaluations qualitatives en se fondant sur les réponses apportées aux questions posées précédemment.

Faisabilité de l'apport de fumier composté

Quatre conditions doivent être satisfaites pour fonder une politique de développement et d'utilisation réaliste du fumier (fumier de ferme et fumier de parc).

Condition 1 : accroître la ressource fourragère

L'agriculteur doit disposer d'une ressource fourragère, condition *sine qua non* pour assurer l'élevage bovin qui est au cœur de la stratégie d'intensification des systèmes de production dans les zones soudano-sahéliennes et dans les zones soudaniennes, correspondant généralement aux zones dites cotonnières. Le bilan fourrager de l'exploitation, exprimé en nombre d'unités de bovin tropical qu'on peut alimenter moins le nombre d'unités de bovin tropical nécessaire, est fonction de l'utilisation du fourrage par stockage et de la capacité de charge des pâturages naturels. La disponibilité de ces derniers est déterminée par le pourcentage d'occupation des terres par les cultures, par les jachères améliorées et par les infrastructures.

Au sud du Mali, parmi les systèmes vulgarisés, la stabulation saisonnière semble le plus performant : les pourcentages moyens de terres cultivées (40 %) et de terres en jachère (13 %) et la charge animale moyenne (50 UBT/km²) sont sensiblement les mêmes, mais le solde du bilan four-

rager est supérieur. La vulgarisation met l'accent sur l'introduction des jachères améliorées et sur l'intérêt de leur exploitation sélective par pâture, en revanche l'introduction de la culture pure est déconseillée. Lorsque le taux des terres cultivées est élevé, l'introduction des cultures associées, telles que celle de maïs/dolique, améliore le bilan fourrager (BOSMA *et al.*, 1993).

Condition 2 : estimer les disponibilités en biomasse végétale pour la litière

A l'instar du bilan fourrager, le bilan litière est la différence entre la disponibilité et les besoins. La disponibilité est constituée principalement des pailles de céréales non utilisées comme fourrage, mais aussi des tiges de cotonniers, des déchets de battage et des résidus divers.

En zone soudano-sahélienne, dans les conditions actuelles de l'agriculture traditionnelle, les disponibilités en pailles ont été évaluées, entre autres, au Sénégal et au Burkina Faso. En voici les principaux résultats : jadis destinées à la vaine pâture, les pailles sont maintenant en partie dérivées pour les besoins domestiques (25 à 40 %) ; 10 à 15 % seulement sont disponibles pour les animaux stabulés ; pour la vaine pâture (fèces), il ne resterait maintenant que 25 à 60 % sur le champ (PICHOT, 1985 ; BADIANE, 1993). En zone soudanienne où domine la culture cotonnière, des disponibilités plus élevées (pailles et tiges de cotonnier) alliées à la pratique d'un élevage plus sédentarisé, assurent un potentiel de production de fumier plus élevé et déterminant dans la productivité des systèmes cotonniers ; cependant, la disponibilité en litière peut poser un problème lorsque la jachère améliorée est insuffisante (BOSMA *et al.*, 1993). En zone sub-guinéenne, par exemple en agriculture traditionnelle du sud du Sénégal, parce que les réserves en biomasses végétales sont plus importantes mais la charge animale plus faible, la pratique du compostage se développe et les doses apportées peu-

vent atteindre 6 tonnes de matière sèche par hectare tous les deux ans (GANRY, 1991).

Condition 3 : composter le fumier et l'apporter à des doses efficaces

En raison de la disponibilité en eau durant une période déterminée de l'année, la production de fumier composté en élevage partiellement sédentarisé est généralement limitée à cette période, essentiellement de juin à octobre, soit au maximum pendant 5 mois.

Cependant, l'intensification de la production de fumier a conduit à rechercher d'autres types de stabulation. C'est le cas au Mali de la stabulation saisonnière (signalée plus haut) pendant la saison sèche et le début de la saison des pluies, mode de stabulation adopté massivement par les agriculteurs (BOSMA *et al.*, 1993). Il existe peu de données dans la littérature permettant de prévoir la production de fumier $Q = f(\text{nombre d'animaux, quantités de litière et de fourrage, durée de stabulation})$. Nous citerons cependant les travaux de HAMON (1972), de FERNANDEZ-RIVIERA *et al.* (1993) et de BERGER (1996). Au Sénégal, HAMON (1972) montre que 4 unités de bovin tropical en stabulation de juin à octobre, en plus de leur ration fourragère, utilisent pour la litière en stabulation 1,5 tonne de paille de mil, et produisent 2,6 tonnes de matière sèche de fumier, déduction faite de la terre qui peut y être mêlée (terre humifère). Au Burkina Faso, FERNANDEZ-RIVIERA *et al.* (1993) et BERGER (1996) observent que 5 unités de bovin tropical, en parc d'hivernage pendant 5 mois, utilisent pour la litière de parc 4 tonnes de matière sèche de tiges de sorgho provenant d'un hectare, et produisent 6 tonnes de matière sèche de fumier. Ces auteurs trouvent sensiblement la même relation, fondée sur la matière sèche :

$\text{fumier} = k \text{ paille}$, avec k compris entre 1,5 et 1,7, mais un rendement en fumier par unité de bovin tropical supérieur pour la stabulation en parc.

Dans les zones à potentiel de biomasse faible, l'apport d'une dose efficace est difficilement réalisable. A cet égard, BADIANE (1993) montre qu'au centre-nord du Sénégal, 60 % des champs fumés reçoivent environ 1 tonne de matière sèche par hectare et par an et 40 % entre 2 et 4 tonnes de matière sèche par hectare et par an d'un fumier non composté, donc de qualité médiocre.

Dans les zones à potentiel de production de biomasse plus élevé, l'apport d'une dose efficace est possible. A titre d'exemple, au sud du Mali dans le cas de la stabulation saisonnière, si l'on s'appuie sur le coefficient de transformation moyen de 1,6 (voir ci-dessus) et sur la production de paille en année à pluviométrie normale dans la région, on peut simuler le système suivant : 2 hectares de terre en rotation cotonnier-sorgho pourraient fournir, selon la modalité de fertilisation du système de culture appliquée, entre 6 et 8 tonnes de matière sèche par hectare de fumier tous les 2 ans, à condition d'assurer la ressource fourragère (SANOGO, 1997).

Condition 4 : pouvoir transporter et incorporer le fumier

S'il n'existe pas, comme nous venons de le voir, de problèmes insurmontables pouvant compromettre la fabrication du fumier ou du compost en zone soudanienne, en revanche, son utilisation rationnelle au champ se heurte souvent à des impossibilités d'enfouissement d'ordre technique et calendaire. C'est notamment le cas dans la zone centre-nord du Sénégal où, en raison des quantités globales faibles, en raison du manque de moyens de transport, les champs de case sont les seuls à être fumés au détriment des champs de brousse dont la fertilité se dégrade — baisse du pH et du phosphore assimilable (BADIANE, 1993). Un apport de phosphate naturel serait en première urgence à recommander, le phosphate étant par ailleurs plus facile à transporter que le fumier.

Nécessité d'optimiser la qualité du fumier, la production et le mode d'apport au sol

« La production maximale de fumier de bonne qualité doit retenir l'attention des organismes de développement, qui mettront la priorité sur les techniques optimales. » Cette conclusion de BOSMA *et al.* (1993) écrite à l'issue d'une étude sur le rôle du bétail dans la durabilité des systèmes de production au sud du Mali exprime la préoccupation actuelle du développement d'une gestion des ressources naturelles. On a vu précédemment les conditions de la faisabilité d'un fumier amélioré par rapport à un fumier traditionnel. Ici, nous justifions l'intérêt d'aller encore plus loin dans cette amélioration en optimisant la qualité agronomique du fumier, sa production et son mode d'apport.

On optimise la qualité agronomique du fumier principalement en éliminant les germes pathogènes, en l'enrichissant et en l'inoculant. On optimise sa production en gérant l'eau, c'est-à-dire en l'utilisant plus efficacement pour induire la fermentation et prolonger celle-ci en saison sèche, et en l'inoculant. On optimise son mode d'apport en l'intégrant dans le système de culture. Il va sans dire que ces techniques doivent s'inspirer du savoir-faire des agriculteurs.

Comment optimiser la qualité agronomique du fumier ?

Éliminer les pathogènes

L'apparition de la phase exothermique due à la fermentation des pailles est primordiale, car elle entraîne, à l'instar du brûlis, la disparition des germes pathogènes et des graines d'adventices (GANRY et SARR, 1983) et la destruction des zoospores et oospores de *Sclerospora* (MBAYE, 1994). Cette phase exothermique, inexistante dans le cas de la poudrette, caractérise le fumier amélioré.

Enrichir le fumier en azote et phosphore

On sait que la fixation biologique de N_2 , expérimentalement mise en évidence, permet au moins de maintenir, en présence de matière cellulosique, le stock d'azote de départ malgré les pertes. Le compost permet une solubilisation du phosphore et du calcium des phosphates naturels incorporés au début du compostage, d'où la possibilité de constituer une fumure organique N-P au niveau de la ferme, celle-ci apportant généralement assez de potassium pour atteindre un objectif de production d'une tonne par hectare, le potassium étant fourni par le sol et recyclé *via* les pailles (GUEYE *et al.*, 1986). BERTRAND (1998) donne une explication à la richesse potentielle en potassium des sols de la zone soudanienne.

Si possible inoculer le fumier et l'enrichir en matières végétales riches en fibres

Cela fait partie de l'optimisation des conditions de production de fumier, traitées ci-après.

Comment optimiser la production du fumier ?

Gérer l'eau au cours du compostage

Si le compostage est démarré en saison des pluies, avec apport d'eau d'arrosage ou de ruissellement, l'humidité du compost (entretenu par les pluies) peut se maintenir en saison sèche jusqu'en mars-avril. Cette période est nécessaire à la maturation du compost durant 4 à 6 mois. Par une technologie appropriée on peut réduire, voire supprimer, les arrosages. Si le compostage est démarré en saison sèche, sa maturation a lieu en saison des pluies (GANRY et SARR, 1983).

Si possible, inoculer le fumier

L'inoculation du fumier ou du compost par des micro-organismes activant la biodégradation permet de réduire la durée du compostage et

pourrait accroître sa teneur en précurseurs de substances humiques. Au Burkina Faso, une telle inoculation a réduit cette durée d'environ 50 % induisant une économie d'eau et une réduction des temps de travaux notables³ (SEDOGO *et al.*, 1992).

Comment optimiser l'effet du fumier dans le système de culture ?

Un système de production en voie d'intensification requiert une gestion optimisée et appropriée des nutriments, donc en l'occurrence une gestion raisonnée de la fumure (fumier) et de la fertilisation (urée et engrais ternaire) au sein du système de culture, laquelle est déterminée par les conditions financières, opératoires et sociales, et les objectifs à atteindre. Il importe que les pratiques des agriculteurs soient économiquement optimum à court terme, mais que davantage d'investissement soit nécessaire pour soutenir une fertilité du sol durable (JANSEN, 1993). Citons l'exemple de Fonsébougou au Mali. Dans cette région, le fumier est apporté par les agriculteurs à une dose d'environ 5 tonnes par hectare tous les deux ans, suffisante pour atteindre des rendements acceptables, mais d'après SANOGO (1997), insuffisante pour équilibrer le bilan azoté : cet auteur montre que l'on peut optimiser l'effet du fumier en accroissant la dose de 5 à 8 tonnes par hectare de matière sèche (équilibre du bilan N) et en plaçant l'apport de fumier sur le cotonnier plutôt que sur le sorgho et inversement pour l'urée (accroissement de la productivité du système).

S'inspirer du savoir-faire des agriculteurs

L'échec de nombreuses tentatives de vulgarisation *top-down* impose à la recherche-développement de revoir dans bien des cas l'orientation de son approche. PICHOT (1996) écrit : « l'intérêt de la connaissance des savoirs et savoir-faire des praticiens que sont les agriculteurs et les éleveurs pour orienter les travaux des chercheurs vers la mise au point de tech-

niques ou de système de culture prenant mieux en compte les ressources et dynamiques andogènes des milieux physiques et humains et l'aversion pour le risque des agriculteurs en situation précaire. » A titre d'exemple, citons dans la zone cotonnière du Burkina Faso, le développement des parcs améliorés, dits parcs d'hivernage (signalés ci-dessus) favorisé parce qu'il s'inspire des contrats traditionnels de fumure (LHOSTE, 1987).

Les effets positifs attendus de cette optimisation

Effet positif sur le pool d'azote mobilisable du sol

Cet effet est attesté par de nombreux essais qui montrent un accroissement significatif du pool d'azote mobilisable dû au fumier (BADIANE, 1993). Pour mettre en évidence ce résultat en milieu contrôlé ou au champ, de façon sûre et reproductible, on utilise le marquage isotopique permettant le calcul de la valeur A. Rappelons que la valeur A est une mesure conventionnelle du pool d'azote mobilisable du sol prospecté par le système racinaire de la culture ; de ce fait, cette valeur A est considérée comme un indicateur d'évolution de ce pool lorsque les conditions de sa mesure sont identiques.

Effet positif sur l'humification de la matière organique du sol

Contrairement aux matières végétales peu ligneuses, le fumier, ou un produit organique transformé (compost), de par sa richesse en précurseurs de substances humiques, a la propriété de stabiliser le taux de carbone total du sol dont le carbone inclus dans les associations organo-minérales (matière organique humifiée) ; d'après PIERI (1992), le rapport taux de fibres/contenu cellulaire est un indicateur pertinent de cette propriété.

Effet sur l'accroissement de la fixation biologique de l'azote atmosphérique par les légumineuses

Personne ne met en doute les effets bénéfiques des amendements organiques. Mais un mécanisme impliqué dans cette amélioration est souvent ignoré : la stimulation de la fixation biologique de N₂ des légumineuses à graines (arachide et soja par exemple) par les apports de fumier et de compost. L'accroissement de la quantité de N₂ fixé peut être spectaculaire. DOMMERGUES et GANRY (1991) citent des valeurs allant de 11 à 63 kilos par hectare sur une arachide cultivée au nord du Sénégal.

Effet positif dans la lutte contre la sécheresse

On a montré, dans le nord du Sénégal, en conditions expérimentales, que la sécheresse, même sévère (pluviométrie comprise entre 200 et 300 mm), analysée sous l'angle de son effet sur la production végétale, est en partie contournée lorsque les sols sont fumés régulièrement par le fumier composté. Cette fumure, pour être réaliste, nécessite une gestion rationnelle des résidus de récolte dans le cadre d'une intégration de l'agriculture et de l'élevage, intégration malheureusement encore difficile, pour les raisons indiquées précédemment et pour des raisons sociologiques, dans toute la zone sahélienne (GANRY et CISSE, 1994).

Effet positif sur la suppression des risques d'effets phyto-dépressifs des pailles

Après enfouissement des pailles, apparaissent généralement des problèmes de carence en azote et/ou de

3. Nous noterons, à cet égard, les excellents résultats en milieu rural en France de tels produits (accélérateurs biologiques et biofertilisants) fabriqués et commercialisés par la société SOBAC en France (GANRY et OLIVER, 1997).

phytotoxicité liés à la libération d'acides phénols. Par ailleurs, certains précédents culturels, en particulier le sorgho, peuvent engendrer un effet dépressif sur la culture suivante (allélopathie). Le compostage des pailles, dans le premier cas, et l'apport de fumier, dans le deuxième cas, permettent de lever l'effet de ces facteurs limitants.

Effet positif sur la valeur nutritionnelle

Pour le mil, les enfouissements de compost, et vraisemblablement de fumiers compostés, accroissent la teneur en protéides des grains, quelle que soit la dose d'engrais azoté (+ 5 à + 8 %). En présence d'une dose moyenne d'engrais azoté, ils accroissent le taux de l'acide aminé indispensable à l'homme, le plus limitant, la lysine (+ 73 % à la dose 60 N) Ce dernier résultat est corroboré par l'augmentation du coefficient d'efficacité protéidique, mesuré *in vivo* sur des rats (GANRY et BIDEAU, 1974).

Conclusion

Améliorer la production du fumier en quantité et en qualité est un objectif prioritaire ; c'est pourquoi nous avons exposé ici toute une gamme d'approches permettant d'atteindre cet objectif.

On insistera, dans cette conclusion, sur le fait que la recherche-développement dispose d'un certain nombre d'outils utilisables pour induire ou stimuler significativement la fabrication et l'utilisation du fumier. C'est en se fondant sur cette idée que nous souhaiterions faire passer les cinq messages suivants :

– promouvoir la production du fumier en Afrique nécessite une « révolution fourragère tropicale ». Cette expression est de René DUMONT (*La démocratie pour l'Afrique*, p. 277), qui s'exprime ainsi par analogie avec le 18^e siècle agricole européen dont la première étape du développement agricole, avec le fumier comme facteur de production majeur, fut celle des fourrages cultivés ;

– par effet de synergie avec l'engrais et par effet de transfert de fertilité opéré par les animaux, le fumier économise l'engrais mais, excepté dans de rares cas, il ne peut être considéré comme un substitut à l'engrais minéral. Un de ces cas est le fumier enrichi en phosphate naturel. On sait que dans un système de culture à rendement grain espéré de 1 tonne, ce phosphocompost peut assurer les besoins N-P-K de la culture, à condition que ce système de culture comporte une légumineuse dont les pailles soient recyclées au sol, directement ou par l'animal ;

– en zone sèche à risque climatique élevé, le fumier composté, apporté régulièrement et incorporé au sol, réduit les risques liés à la sécheresse ; pour fabriquer ce fumier composté, des techniques d'économie de l'eau existent. Cependant, lorsqu'il n'y a pas de véritable politique de gestion des résidus de récolte et de fumure des sols, ces systèmes sont pris dans la spirale sécheresse - pertes de biomasse végétale - baisse de fertilité du sol qui ne permet plus de produire suffisamment de fumier. Le fumier est pourtant un des moyens d'enrayer cette dégradation : les ressources en biomasse, alors trop faibles, doivent impérativement être accrues (l'agroforesterie et le phosphatage des terres par le phosphate naturel sont des solutions à privilégier) ;

– dans le souci d'assainir ses récoltes, l'agriculteur brûle les pailles pour tuer les graines adventices et les germes pathogènes, mais se prive d'une matière organique précieuse, le compostage qui, grâce à sa phase exothermique, peut conduire au même résultat d'assainissement ;

– le fumier améliore les récoltes en quantité (rendement) et en qualité (valeur nutritionnelle). La mise en évidence de l'amélioration du taux de lysine chez le mil est un résultat essentiel quand on sait que le sevrage de nombreux enfants se fait, avec un risque élevé de carence protéidique, en passant du lait maternel à la bouillie de mil.

Dans un contexte écologique et sociologique où sécheresse et malnutrition menacent le Sahel, on voit toute l'importance prise par une intensification de la production de fumier et par son utilisation rationnelle.

Bibliographie

BADIANE A. N., 1993. Le statut organique d'un sol sableux de la zone Centre-Nord du Sénégal. Thèse du doctorat, Inpl, Ensaia, Nancy, France, 200 p.

BERGER M., BELEM P. C., DAKOUO D., HIEN V., 1987. La maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina-Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. Coton et Fibres Tropicales 42 : 201-207.

BERGER M., 1991. La gestion des résidus de récolte à la ferme. In Savanes d'Afrique, terres fertiles, actes des rencontres internationales, Montpellier, France, 10-14 décembre 1990. La Documentation Française, Paris, France, p. 293-315.

BERGER M., 1996. L'utilisation de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne. Agriculture et développement, numéro hors série, 1996.

BERTRAND R., 1998. L'organisation du milieu physique tropical, implications sur l'étude et l'aménagement des paysages agraires. Cas de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. Agriculture et développement 18 : 5-10.

BOSMA R., BENGALI M., DEFOER T., 1993. Pour un système durable de production : augmenter le bétail. Rôle des ruminants au Mali-Sud, dans le maintien du taux de matière organique des sols. In Elevage et cycle viable des éléments nutritifs dans les systèmes mixtes agriculture-élevage de l'Afrique sub-saharienne. Conférence Internationale Cipea/Iica, 22-26 novembre 1993, Addis Abeba, Ethiopie, 12 p.

BROSSARD M., BALESDENT J., FELLER C., PLENECASSAGNE A., TURENNE J.-F. 1981. Etude de la matière organique des sols par fractionnement granulométrique. Décomposition au champ d'un compost enfoui dans plusieurs types de sols des Antilles. Proceedings of the Caribbean Food Crops Society 20: 68-73.

BROUWER M., BOUMA J., 1997. La variabilité du sol et de la croissance des cultures au Sahel : points saillants de la recherche (1990-1995) au Centre Sahélien de l'Icrisat. Bull. d'information 49, Icrisat, Inde, p. 21-26.

DE ROUW A., 1998. Gestion de la fertilité du sol sur un terroir sahélien. Agriculture et développement 18 : 63-70.

DOMMERGUES Y., GANRY F., 1991. Valorisation de la fixation de l'azote atmosphérique à la ferme. In Savanes d'Afrique, terres fertiles, actes des rencontres internationales, Montpellier, France, 10-14 décembre 1990. La Documentation Française, Paris, France, p. 332-346.

FERNANDEZ-RIVERA S., WILLIAMS T.O., HIERNAX P., POWELL J.M., 1995. Faecal excretion by ruminants and manure availability for crop production in semi-arid West Africa. In Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan Africa, J.M. POWELL, S. FERNANDEZ-RIVERA, T.O. WILLIAMS, C. RENARD (Eds), Volume II: Technical Papers. Proceedings International Conférence, 22-26 November 1993, Iica, Addis Ababa, Ethiopie, p. 149-170.

GANRY F., BIDEAU J., 1974. Action de la fertilisation et de l'amendement organique sur le rendement et la valeur nutritionnelle d'un mil Souna III. L'Agron. Trop. 24 : 1006-1015.

GANRY F., SARR P.-L., 1983. Valorisation du recyclage organique dans un objectif d'économie des engrais et de maintien de la fertilité des sols au Sénégal. Collection Etudes Techniques du Cnra, Bambey, Sénégal, doc. 100/83, 20 p.

GANRY F., 1991. Valorisation des résidus de récolte à la ferme et maintien de la fertilité. Cas du Sud Sénégal. In *Savanes d'Afrique, terres fertiles, actes des rencontres internationales*, Montpellier, France, 10-14 décembre 1990. La Documentation Française, Paris, France, p. 317-331.

GANRY F., CISSE L., 1994. L'amendement organique des sols sableux : une assurance contre les préjudices de la sécheresse. In *Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale*, F.-N. REYNIERS, C. NETOYO (éditeurs), Aupelf-Uref, J. Libbey, Paris, p. 253-263.

GANRY F., OLIVER R., 1997. Perspectives d'utilisation des bio-fertilisants de la société SOBAC en agriculture tropicale. Cirad-ca, Montpellier, France, 6 p.

GUEYE F., GANRY F., TRUONG B., 1986. Elaboration d'un compost enrichi en phosphore par le phosphate naturel. Etude agronomique. In *Actes séminaire Crdi-Fis*. Orstom, Paris, France, p. 145-153.

HAMON R., 1972. L'habitat des animaux et la production d'un fumier d'une qualité en zone tropicale sèche. *L'Agron. Trop.* 27 : 592-607.

HIERNAUX P., FERNANDEZ-RIVERA S., DE SCHLECHTE E., TURNER M.D., WILLIAMS T.O., 1997. Livestock-mediated nutrient transfers in Sahelian agro-ecosystems. In *Soil Fertility Management in West African Land Use Systems*, G. RENARD, A. NEEF, K. BECKER, M. VON OPPEN (Eds), Margraf Verlag, Weikersheim, Allemagne, p. 339-347.

JANSEN B.H., 1993. Integrated nutrient management: the use of organic and mineral fertilizers. In *The role plant nutrients for sustainable food crop production in Sub-Saharan Africa*, VAN REULER H., PRINS W.H. (Eds), Dutch Association of Fertilizer Producers (VKP), Ponsen & Looijen, Wageningen, Pays-Bas, p. 89-107.

LANDAIS E., LHOSTE P., GUERIN H., 1991. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité. In *Savanes d'Afrique, terres fertiles, actes des rencontres internationales*, Montpellier, France, 10-14 décembre 1990. La Documentation Française, Paris, France, p. 219-270.

LHOSTE P., 1986. L'association agriculture-élevage. Evolution du système agropastoral au Sénégal (Sénégal). Maisons-Alfort, Cirad-emvt, Montpellier, France, collection Etudes et Synthèses 21, 314 p.

LHOSTE P., 1987. Elevage et relations agriculture-élevage en zone cotonnière. Situation et perspectives. Cirad-emvt, Montpellier, France.

LINERES M., DJAKOVITCH J.L., 1993. Caractérisation de la stabilité biologique des apports organiques par l'analyse biochimique. In *Matières organiques et agricultures, 4^e journées de l'analyse de terre (Gemas), 5^e forum de la fertilisation raisonnée (Comifer)*, 16-18 novembre 1993, Blois, France, p. 159-168.

LY C., DIAW A., FAYE A., 1997. Etables fumières et production laitière au Sénégal. *Cahiers agricultures* 1997, 6 : 651-659.

MBAYE D. F., 1994. Etude du pathosystème *Pennisetum - Glaucum - Sclerospora*. Thèse de

doctorat, Ensam, Montpellier, France, 114 p. + annexes.

PICHOT J., 1985. Les résidus culturaux peuvent-ils assurer le maintien du statut organique des sols tropicaux ? In *Actes de l'Atelier Gemos*. Cirad, Montpellier, France, 15 p.

PICHOT J., 1996. Chercher autre chose autrement. Réflexion sur le plan stratégique de l'Ura. Production végétale de l'Isra. Doc. Cirad-sar 82/96, Montpellier, France, 23 p.

PIERI C., 1992. Fertility of Soils. A future for farming in the West African Savannah. Springer-Verlag, Berlin, Allemagne, 348 p.

RICHARD L., DJOULET D., 1985. La fertilité des sols et son évolution. Zone cotonnière du Tchad. *Coton et Fibres Tropicales*, série Documents, Etudes et Synthèses 6, 21 p.

SANOGO Z. J. L., 1997. Maîtrise de l'azote dans un système cotonnier-sorgho : Prévision de la fumure organique et azotée en zone Mali-Sud. Thèse de doctorat, Ensa, Montpellier, France, 72 p.

SEDOGO C., HIEN V., LOMPO F., ASIMI S., BADO B., 1992. Gestion de la matière organique. Note présentée au Comité Technique National de Recherche Agricole, Inera, Ouagadougou, Burkina Faso, 33 p.

Spore, 1989. Agriculture et environnements : deux frères ennemis à réconcilier. *Bulletin bimestriel du Centre technique de coopération agricole et rurale* 23 (1-4).

Résumé... Abstract... Resumen

F. GANRY, A. BADIANE — La valorisation agricole des fumiers et des composts en Afrique soudano-sahélienne. Diagnostic et perspectives.

En Afrique soudano-sahélienne, pour obtenir une production agricole stable, il est recommandé d'apporter des fertilisants combinant engrais minéraux et matières organiques peu fermentescibles et riches en précurseurs des substances humiques, autrement dit du fumier. Cette revue bibliographique s'appuie sur des travaux conduits au Sénégal, au Burkina Faso, au Mali, au Tchad et au Niger. On distingue trois types de fumier : les poudrettes de parc (zone sahélienne), les terres et les terres de parcs (zone soudanienne); les fumiers traditionnels produits à la ferme non compostés; les fumiers améliorés produits à la ferme. Valoriser le fumier implique trois étapes : augmenter sa valeur agronomique, le produire de manière optimale et l'utiliser de manière rationnelle pour l'agriculture. Les effets attendus, en plus d'une productivité accrue, sont une réduction des risques de sécheresse et un accroissement de la valeur nutritionnelle des céréales, dans un contexte écologique et social où sécheresse et malnutrition menacent la région. La contrainte majeure à la production de fumier est la ressource fourragère; cependant, un espoir est permis dans les zones cotonnières, avec l'apparition de la stabulation saisonnière au Mali ou des parcs d'hivernage au Burkina Faso. La caractérisation du fumier porte sur sa valeur d'amendement organique, si possible sur son état sanitaire et sur sa valeur fertilisante : N, P₂O₅, K₂O, pourcentage de terre, composition minérale par rapport à la matière sèche totale.

Mots-clés : fumier, terre de parc, analyse chimique, valeur agronomique, azote, phosphore, potassium, matière sèche, ressource fourragère, Afrique soudano-sahélienne.

F. GANRY, A. BADIANE — Agricultural use of manure and compost in the Sudan-Sahel region of Africa. Diagnosis and prospects.

In the Sudan-Sahel region of Africa, in order to ensure sustainable agricultural production, it is recommended that growers apply fertilizers combining mineral fertilizers and slightly fermentable organic matter rich in humus precursors, in other words manure. This bibliographical review is based on work in Senegal, Burkina Faso, Mali, Chad and Niger. A distinction is made between three types of manure: stock pen poudrette (Sahel zone), stock pen soil and manure (Sudan zone); traditional, non-composted manures produced on the farm; improved manures produced on the farm. Manure use involves three stages: increasing its agronomic value, ensuring optimum production and rational use for agriculture. In addition to increased productivity, the expected effects are a reduction in the risk of drought and an increase in the nutritional value of cereals, in an ecological and social context in which the region is threatened by drought and malnutrition. The main constraint on manure production is forage availability; however, there is some hope in cotton producing regions, with the advent of seasonal stalling in Mali or wintering pens in Burkina Faso. Manure characterization is based on its value as an organic ameliorator, and if possible on its sanitary status and fertilizer value: N, P₂O₅, K₂O, soil content and mineral composition in relation to total dry matter.

Keywords: manure, pen soil, chemical analysis, agronomic value, nitrogen, phosphorus, potassium, dry matter, forage supply, Sudan-Sahel region of Africa.

F. GANRY, A. BADIANE — La valorización de los estiércoles y de los abonos compuestos en África Sudano-saheliana. Diagnóstico y perspectivas.

En África Sudano-saheliana, para lograr una producción estable, se recomienda aportar fertilizantes que combinan abonos minerales y materias orgánicas poco fermentescibles y ricas de precursores de las sustancias con humus, dicho de otra manera el estiércol. Este examen bibliográfico se apoya en trabajos llevados a cabo en Senegal, en Burkina Faso, en Mali, en Chad y en Niger. Se distinguen tres tipos de estiércol: abonos de cloaca pulverizados de parque (zona saheliana), las tierras y los estiércoles de parques (zona sudanesa); los estiércoles tradicionales producidos en la finca no compostados; los estiércoles mejorados producidos en la finca. Valorizar el estiércol implica tres etapas: aumentar su valor agronómico, producirlo de manera óptima y utilizarlo racionalmente para la agricultura. Los efectos esperados, además de una productividad incrementada, son una reducción de los riesgos de sequía y un incremento del valor nutricional de los cereales, en un contexto ecológico y social en el que la sequía y la malnutrición amenazan la región. La limitación mayor a la producción de estiércol es el recurso forrajero; no obstante, está permitido tener muchas esperanzas en las zonas algodonerías, con aparición de la estabulación temporal en Mali o en parques de hibernación en Burkina Faso. La caracterización del estiércol lleva su valor de abono orgánico, dentro de lo posible en su estado sanitario y en su valor fertilizante: N, P₂O₅, K₂O, porcentaje de tierra, composición mineral en comparación con la materia seca total.

Palabras-claves : estiércol, tierra de parque, análisis químico, valor agronómico, nitrógeno, fósforo, potasio, materia seca, recurso forrajero, África sudano-saheliana.